

平成 30 年 度

## 問題冊子

| 教 科 | 科 目 | ページ数 |
|-----|-----|------|
| 理 科 | 物 理 | 8    |

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

### 解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合は、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、解答と選択した選択問題の番号、志望学部及び受験番号のほかはいっさい記入しないこと。
4. 問題〔Ⅰ〕、〔Ⅱ〕、〔Ⅲ〕、〔Ⅳ〕、〔Ⅴ〕は選択問題である。5つのうち4つを解答すること。5問すべてを解答してはいけない。選択問題〔Ⅰ〕、〔Ⅱ〕、〔Ⅲ〕、〔Ⅳ〕、〔Ⅴ〕のうち、選択した問題の番号を解答用紙(その1)の所定の枠内に記入すること。

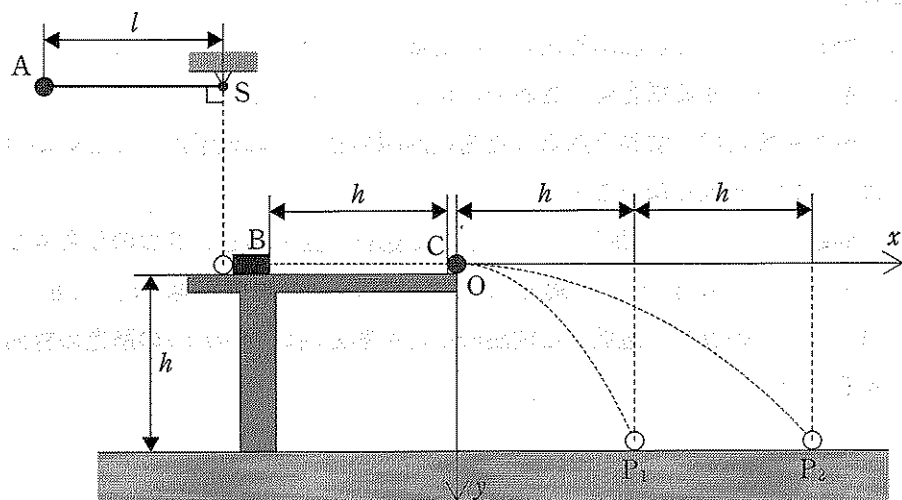
### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図の後、5枚すべての解答用紙に志望学部及び受験番号を必ず書くこと。
2. 選択科目は、願書に記載したものと違ったものについて答えてはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 問題の内容についての質問には、いっさい応じないが、その他の用事があるときは、だまって手をあげて、監督者の指示を受けること。
5. 試験終了時には、解答用紙を机上の右側に置くこと。
6. 試験終了後、問題冊子および下書き用紙は持ち帰ること。

〔選擇問題〕

〔I〕 図1のように、高さ $h$ の机の右端の原点Oに質量 $m$ の小さな鉄球Cが静止している。もう一つの質量 $m$ の小さな鉄球Aは、長さ $l$ の質量を無視できる糸に取り付けられ、糸がたるまず水平な位置で保持されている。この鉄球Aを静かに放すと、鉄球Aは支点Sを中心に円運動し、静止している質量 $2m$ の小さなブロックBに支点Sの直下の位置で衝突し、ブロックBは机の上をすべる。このとき、机との動摩擦係数 $\mu'$ が小さい場合には、ブロックBは距離 $h$ をすべりきって鉄球Cに衝突し、鉄球Cは水平方向に飛び出し床に落下する。

原点  $O$  から水平右向きに  $x$  軸、鉛直下向きに  $y$  軸をとる。いずれの衝突も弾性衝突とし、すべての運動は  $x$ - $y$  平面で行われるものとする。空気の抵抗は無視できるものとし、重力加速度を  $g$  として、以下の問いに答えなさい。


 The seal of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology is located in the bottom right corner of the page. It consists of a square frame containing the Japanese characters '文部科学省' (Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology) in a stylized font.

- (1) 鉄球 A が支点 S の直下でブロック B に衝突する速さ  $v_A$  を求めなさい。
- (2) 鉄球 A が衝突した直後のブロック B の速さ  $v_B$  は鉄球 A の衝突する速さ  $v_A$  の何倍となるか求めなさい。
- (3) ブロック B は鉄球 A との衝突後、机の上を距離  $h$  すべり、鉄球 C と衝突する直前に停止した場合を考える。このとき、動摩擦力がする仕事  $W$  を求め、 $\mu'$  を用いて表わしなさい。
- (4) 次に、ブロック B が鉄球 C に衝突した場合を考える。衝突された鉄球 C は、原点 O から水平距離  $h$  の  $P_1$  に落下した。鉄球 C の衝突直後の速さ  $v_C$  を求めなさい。
- (5) 次に、ブロック B がなめらかな机の上をすべり、鉄球 C に衝突した場合を考える。ブロック B に衝突された鉄球 C は原点 O から水平距離  $2h$  の  $P_2$  に落下した。動摩擦係数  $\mu'$  を 0 とし、糸の長さ  $l$  を  $h$  を使って求めなさい。
- (6) 次に、ブロック B が摩擦により減速しつつ鉄球 C に衝突した場合を考える。ブロック B に衝突された鉄球 C は  $P_1$  に落下した。糸の長さ  $l$  が机の高さ  $h$  と等しいとき、動摩擦係数  $\mu'$  の値を小数点以下 1 桁まで求めなさい。

〔選択問題〕

- 〔Ⅱ〕 図2のように、抵抗値  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  の抵抗器、抵抗値が長さに比例する全長  $l$  の抵抗線、検流計  $G$ 、起電力  $E$  の電池が接続された電気回路がある。検流計  $G$  は接点  $A$  で抵抗線に接しており、抵抗線の端点  $O$  からもう一方の端点  $P$  までスライドできるものとする。また、検流計  $G$  を流れる電流の大きさを  $I_g$  とする。 $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  はいずれも 0 でないとして、電池および検流計の内部抵抗は無視できるものとし、以下の問いに答えなさい。

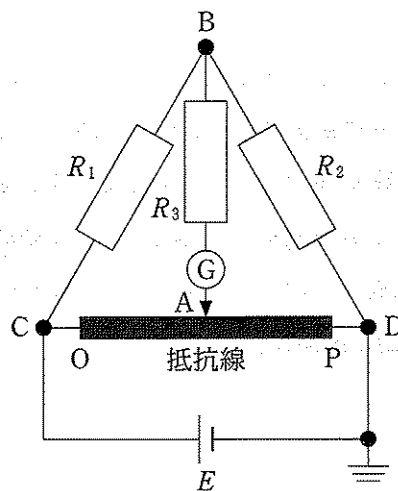


図 2

- (1) 接点 A が端点 O 上にあるとき、点 B の電位を求めなさい。
- (2) 接点 A が端点 O 上および端点 P 上にあるとき、 $I_g$  と電流の向きを求めなさい。なお、電流の向きは  $A \rightarrow B$  または  $B \rightarrow A$  で表わしなさい。
- (3) 接点 A を、端点 O 上から端点 P の方向にわずかにスライドしたとき、 $I_g$  は増加するか減少するかを答え、その理由を説明しなさい。
- (4)  $I_g = 0$  となるときの点 B の電位を求めなさい。
- (5)  $I_g = 0$  となるときの端点 O から接点 A までの距離を求めなさい。

〔選択問題〕

- 〔Ⅲ〕 時刻  $t$  に依存して  $x$  軸方向に移動し、 $y$  軸方向に変位する三角形の波が観測された。同じ波を時刻  $t = 5 \text{ s}$  のときに観測したところ図 3 のような波形が観測された。波は同じ三角波形が繰り返されるものとする。さらに観察を続けたところ  $x = 1 \text{ m}$  に観測された波の頂点が  $t = 10 \text{ s}$  には  $x = 2 \text{ m}$  に移動していた。
- (1) 波の波長はいくらか答えなさい。
  - (2) 波の周期はいくらか答えなさい。
  - (3) 波の速さはいくらか答えなさい。
  - (4) 座標  $x = 1 \text{ m}$  で観測される変位  $y$  の時間変化 ( $0 \leq t \leq 15 \text{ s}$ ) を図に示しなさい。

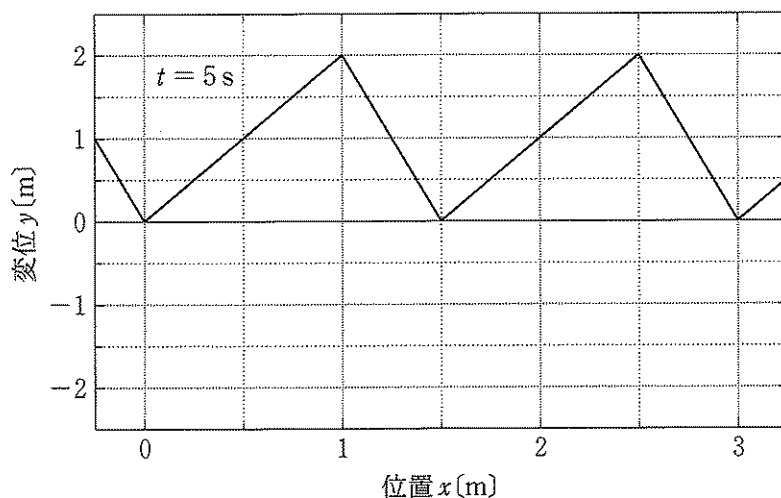


図 3

次に  $x = 3 \text{ m}$  の位置に反射板を置いて上記の波を反射させた。反射板が固定端として波を反射し、定常波が生じた。以降、反射板の左側 ( $0 \leq x \leq 3 \text{ m}$ ) についてのみ議論をする。

- (5) 時刻  $t = 15 \text{ s}$  で観測される波形を実線で、想定される反射波の波形を破線で図に示しなさい。
- (6) 定常波の節となる位置の座標を示しなさい。



〔選択問題〕

〔Ⅳ〕 図4-1のように、一辺の長さ $L$ の立方体の容器があり、気体が入っている。

この容器は一つの壁Aを $x$ 軸に沿って動かすことが可能である。気体分子を質量 $m$ の小球として取扱い、壁に対して気体分子はすべて弾性衝突するとして、以下の問いに答えなさい。

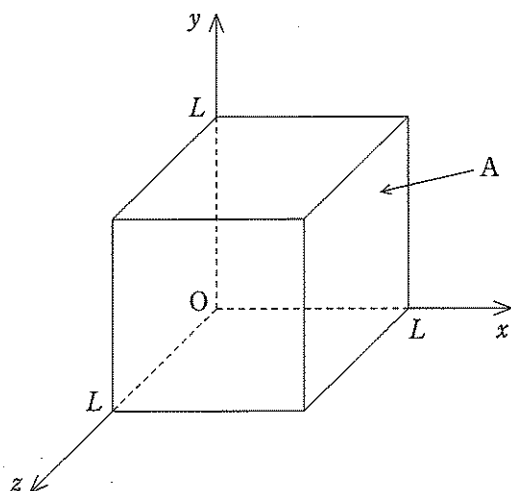


図4-1

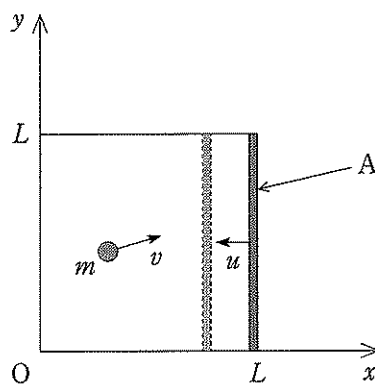


図4-2

(1) 気体分子1個が $x$ 方向の速度成分 $v_x$ を持っており、壁Aに1回衝突した。衝突により壁Aが受けた力積を求めなさい。

(2) 気体分子1個は単位時間あたり何回壁Aに衝突するか答えなさい。

次に、図4-2のように、ごく短い時間 $\tau$ の間、壁Aが速さ $u$ で $x$ の負の方向に移動し、容器は断熱圧縮した。

(3) 移動する壁Aに気体分子が速度の $x$ 成分 $v_x$ で衝突し、速度の $x$ 成分 $v_x'$ ではね返された。 $v_x'$ の大きさを求めなさい。

(4) 1回あたりの衝突での、気体分子の運動エネルギーの増加分を求めなさい。

(5) 壁Aの移動の速さ $u$ が $v_x$ に比べて十分小さく、 $\tau$ もごく短いとき、 $1 + u/v_x \approx 1$ などのように近似してもよい。また壁Aに気体分子が衝突する回数は、壁Aが動いていない場合と同じであると取扱ってよい。このとき、時間 $\tau$ で増加するエネルギー $\Delta E$ を求めなさい。

(6)  $m$ ,  $v_x$ , もとの気体の体積 $V$ およびその変化分 $\Delta V$ を用いて、 $\Delta E$ を表しなさい。

(7) 容器内のすべての気体分子について、速さ $v$ と速度成分の2乗の平均を順に、 $\overline{v^2}$ ,  $\overline{v_x^2}$ ,  $\overline{v_y^2}$ ,  $\overline{v_z^2}$ とすると、これらの間には $\overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2}$ という関係が成り立つ。 $V$ ,  $\Delta V$ および気体分子の運動エネルギー $E = \frac{1}{2}mv^2$ の平均 $\overline{E}$ を用いて、エネルギーの増加分 $\Delta E$ の平均 $\overline{\Delta E}$ を求めなさい。

(8) 希薄な気体では、絶対温度 $T$ , 定数 $c$ を使って $\overline{E} = cT$ とできる。 $\overline{E}$ の変化分を $\overline{\Delta E}$ とすることにより、上昇温度 $\Delta T$ を求めなさい。

〔選択問題〕

〔V〕 原子核やそれにかかわる力の性質について以下の問いに答えなさい。

原子核の質量は、これを構成する核子の質量の和よりも小さくなる。ある原子の原子番号を  $Z$ 、その質量数を  $A$ 、原子核の質量を  $m_0$ 、陽子と中性子の質量をそれぞれ  $m_p$  および  $m_n$ 、光速を  $c$  とする。

- (1) 原子核の質量と、これを構成する核子の質量の和との差  $\Delta m$  を式で表しなさい。
- (2) (1)で表した質量の差を何と呼ぶか答えなさい。
- (3) (2)の意味は原子核の結合エネルギー  $E$  である。この  $E$  を式で表しなさい。
- (4) 核子 1 個当たりの結合エネルギーを式で表しなさい。
- (5) この結合エネルギーのもととなる力を答えなさい。

${}^{235}_{92}\text{U}$  が正電荷および負電荷の粒子を放出しながら放射性崩壊を繰り返して  ${}^{207}_{82}\text{Pb}$  となった。

- (6) 正電荷の粒子を放出する放射性崩壊の名称(ア)、および、負電荷の粒子を放出する崩壊の名称(イ)を答えなさい。
- (7) 1 個あたりの  ${}^{235}_{92}\text{U}$  が  ${}^{207}_{82}\text{Pb}$  に崩壊するまでに、(ア)および(イ)の崩壊が起こる回数を答えなさい。
- (8) (イ)の崩壊をつかさどる力の名称を答えなさい。
- (9) この放射性崩壊過程において生じた原子核が励起状態にあるとき、同じ原子核のよりエネルギーの低い状態に移ることがある。この過程で放出されるものの名前を答えなさい。
- (10) (9)の過程に関係する力を答えなさい。

自然界には 4 種類の基本的な力(相互作用)があると考えられている。

- (11) 4 種類の力のうち、力の源が質量であるものを答えなさい。











